



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1011969A6

NUMERO DE DEPOT : 09900037

Classif. Internat. : A62D B09B

Date de délivrance le : 07 Mars 2000

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 20 Janvier 1999 à 14H00 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES Service Exploitation des Mines
avenue Franklin Roosevelt 50, B-1050 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)(s) par : SCHMITZ Yvon, GEVERS & VANDER HAEGHEN, Rue de Livourne 7, -B 1060 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE TRAITEMENT DE CHRYSOTILE ET UTILISATION DU PRODUIT AINSI OBTENU.

INVENTEUR(S) : Derie René, avenue Calypso 5, B-1170 Bruxelles (BE)

PRIORITE(S) 22.01.98 EP EPA98870014

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 07 Mars 2000
PAR DELEGATION SPECIALE :


L. WUYTS
CONSEILLER

**"Procédé de traitement de chrysotile et utilisation du
produit ainsi obtenu."**

La présente invention est relative à un procédé de traitement de chrysotile pour l'obtention d'un produit réactionnel pulvérulent sans structure fibreuse, valorisable et à l'utilisation du produit ainsi obtenu.

L'amiante ou asbeste est le nom générique d'une série de silicates hydratés, cristallisés en fibres longues, très fines, flexibles et mécaniquement très résistantes. La variété d'amiante utilisée est en fait l'amiante blanc ou chrysotile contenant MgO et SiO_2 comme composants principaux, à la différence des amiantes brun ou amosite et bleu ou crocidolite contenant en outre du Fe_2O_3 et qui présentent peu d'intérêt.

L'amiante chrysotile a été et est encore utilisé dans des applications telles que l'isolation thermique et antifeu, l'isolation électrique, les éléments filtrants, les éléments réfractaires, la cartonnerie, les matériaux antifricction, les produits amiante-ciment, les joints, les scellements, les plaquettes de frein. On sait que l'inhalation ou l'ingestion de fibres d'amiante (chrysotile) peut être la cause de certains cancers des bronches, des poumons et de tout le tube digestif, de l'oesophage au côlon; le pouvoir cancérigène dépend à la fois de la dimension et de la forme des fibres absorbées et de leur composition chimique. C'est la raison de la diminution progressive de la production d'amiante dans le monde; cette production est cependant stabilisée à l'heure actuelle à environ 2.000.000 de tonnes par an (aux Etats-Unis d'Amérique par exemple, une loi de 1993 maintient l'autorisation

d'utiliser l'amiante dans les applications comme produits en amiantement, vêtements antifeu, roofings, cartonnerie, gaines de canalisations, dalles en PVC), le chrysotile ou amiante blanc étant devenu, à concurrence de plus de 99 %, la seule variété minéralogique commercialisée.

C'est également la raison pour laquelle une série de procédés d'élimination et de destruction de l'amiante chrysotile ont vu le jour.

Ces procédés ont pour obligation, non seulement de détruire "chimiquement" l'amiante, mais aussi d'éliminer toute texture fibreuse susceptible de cancérogénité.

La décomposition thermique de l'amiante, avec libération de l'eau de structure, se produit à des températures supérieures à 600°C; cependant, la structure fibreuse n'est que peu altérée par cette destruction du réseau cristallin. Les acides minéraux usuels attaquent plus ou moins énergiquement les différentes variétés d'amiante, mais les résidus, constitués essentiellement de silice, conservent également une structure fibreuse. Les bases fortes n'attaquent appréciablement l'amiante que dans des conditions hydrothermales.

Les principales techniques de destruction de l'amiante sont décrites ci-après.

Il y a le procédé d'attaque fluorhydrique, qui comporte une attaque par l'acide fluorhydrique, suivie d'une neutralisation par la chaux de l'excédent d'acide (par exemple de CaF_2). Le procédé est coûteux, produit vraisemblablement plus de déchets qu'il n'en consomme, fait appel à un acide lui-même dangereux et à des technologies compliquées.

On connaît également des nombreux procédés de traitement thermique qui traitent des mélanges d'amiante et de substances ou de déchets divers. Les déchets d'amiante sont par

exemple additionnés de 25 % de groisil, puis portés à 1400°C au four électrique. Il y a fusion au moins partielle, la structure fibreuse est détruite et on obtient un granulats vitreux pouvant être incorporé dans des matériaux de construction. Le coût de tels traitements est également élevé.

On connaît également un procédé d'attaque à la soude, qui consiste à attaquer l'amiante, en autoclave, par une solution concentrée de soude caustique. On produit ainsi du silicate de sodium soluble, probablement pollué par l'aluminate, et un précipité gélatineux magnésien $Mg(OH)_2$ souillé par un excès d'alcali, qu'il faut mettre en décharge.

Le chrysotile $3MgO.2SiO_2.2H_2O$ contenant environ 25 % de magnésium, un procédé électrolytique à haute température traitant des déchets miniers de chrysotile a été mis au point dernièrement. Toutefois, les résidus siliceux sont qualifiés de "relativement inoffensifs".

Un procédé de broyage ultrafin a également été mis au point récemment. Il s'agit d'un broyage en deux étapes, à l'aide d'appareillages peu courants, tels que broyeur vibratoire excentrique à boulets et broyeur centrifuge à barres. L'amiante fibreux est converti en sphérules qualifiées d'amorphes, dont le diamètre est compris entre 0,5 et 2 micromètres. Ce matériau peut être incorporé dans des ciments, des mortiers ou autres matériaux de construction. Vu la complexité des appareils mis en oeuvre, le coût du procédé est également élevé.

L'action de l'acide phosphorique en excès sur les minéraux d'amiante est bien connue : l'acide phosphorique se comporte à peu près comme l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique, c'est-à-dire qu'il extrait tout ou partie des métaux contenus Mg, Na, Ca, Fe, en laissant un résidu conservant la structure fibreuse du matériau initial. Le chrysotile est particulièrement bien attaqué, le résidu étant de la silice

pratiquement pure, non cristallisée. La réaction, sans intérêt pratique, peut s'écrire :



5

Il est également connu qu'en opérant dans des conditions un peu particulières, il est possible de faire réagir le chrysotile avec l'acide phosphorique, mais ce dernier en proportion bien plus faible que dans l'équation (1), de manière à réaliser la réaction :

10



Le produit réactionnel pulvérulent obtenu au départ de la réaction précitée comporte encore toutefois de très rares structures fibreuses mais très ramassées. Ces constatations ont été confirmées par microscopie électronique à balayage. Le produit pulvérulent, analysé par diffraction de rayons X, se révèle être un mélange de phosphate et de pyrophosphate de magnésium [respectivement $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ et $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$] ainsi que de silice amorphe. Ce dernier constituant étant une substance inoffensive se rencontrant dans de nombreuses roches naturelles et le phosphate de magnésium en tant que tel pouvant constituer un engrais phosphaté, la poudre obtenue pourrait donc être épandue et constituer un apport valorisant et fertilisant de phosphore et de magnésium pour les exploitations agricoles. Toutefois, parmi les produits formés au cours de la réaction, se trouve le pyrophosphate de magnésium qui est très peu réactif. Les premiers résultats d'essais systématiques montrent également que le rapport acide phosphorique/chrysotile, logiquement, influence la nature des produits de réaction; en particulier, en réduisant la quantité d'acide, on favorise la formation de $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, mais la destruction totale des fibres s'en trouve affectée. De plus, même en

30

convertissant tout le magnésium en triphosphate, il n'en reste pas moins que ce dernier produit ne constitue pas un engrais à action rapide : d'une façon générale, les produits de phosphatation simple ainsi obtenus sont non seulement des engrais à action lente mais également des engrais médiocres. Ils ne peuvent par conséquent être utilisés que dans certaines applications spécifiques.

D'autres procédés de traitement de l'amiante utilisent des solutions ou suspensions aqueuses à base d'acide phosphorique ou de mono- et/ou dihydrogénophosphates métalliques mais ces procédés consistent d'une manière générale à appliquer la solution aqueuse par enduction ou pulvérisation à la surface des fibres d'amiante de manière à améliorer certaines propriétés de celles-ci, notamment leur mouillage à l'eau, leurs effets hémolytiques et toxiques, la vitesse d'écoulement de l'eau à travers les fibres ainsi traitées et placées sur un tamis, leurs propriétés de filtration et d'écoulement et d'autres propriétés du même type. Ces procédés présentent l'inconvénient par conséquent de ne modifier que les propriétés superficielles des fibres d'amiante et de ne pas modifier leur structure en profondeur.

La présente invention a pour but de prévoir un procédé qui évite les inconvénients précités des procédés existants et qui permet de traiter le chrysotile pour obtenir un produit réactionnel pulvérulent sans structure fibreuse, valorisable.

A cet effet, suivant l'invention, on mélange le chrysotile avec une solution aqueuse réactive contenant au moins un phosphate de métal alcalin choisi dans le groupe comprenant les mono- et dihydrogénophosphates de potassium et sodium ou un mélange d'au moins deux de ces phosphates jusqu'à l'obtention d'une pâte, on façonne ladite pâte en un produit solide, on chauffe le produit solide ainsi façonné à une température de 600 à 1100°C, on refroidit le produit

solide et on le broie en une poudre dépourvue de toute toxicité chimique structurale.

Suivant une forme de réalisation avantageuse de l'invention, la solution aqueuse réactive contient, comme phosphate, du dihydrogénophosphate de potassium ou un mélange de mono- et dihydrogénophosphates de potassium.

Suivant une autre forme de réalisation avantageuse de l'invention, la solution aqueuse réactive contient en plus de l'acide phosphorique.

Suivant un mode de réalisation particulièrement avantageux, le rapport en poids de la quantité de chrysotile à la quantité de phosphate et éventuellement d'acide phosphorique est de 1/1,0-2,1 et de préférence de 1/1,5.

Suivant un autre mode de réalisation particulièrement avantageux, le chauffage du produit solide se situe dans l'intervalle de 800 à 1000°C.

L'invention concerne également l'utilisation du produit pulvérulent tel qu'ainsi obtenu comme fertilisant et, plus particulièrement comme engrais.

Comme on vient de le préciser, le procédé de traitement de chrysotile de l'invention consiste tout d'abord à mélanger le chrysotile avec une solution aqueuse réactive contenant un mono- ou dihydrogénophosphate de potassium ou sodium ou encore un mélange d'au moins deux de ces phosphates. C'est ainsi qu'on pourrait également utiliser des mélanges de mono- et dihydrogénophosphate de potassium ou de sodium ou encore des mélanges formés de monohydrogénophosphates de potassium et de sodium ou de dihydrogénophosphates de potassium et de sodium. La solution aqueuse réactive pourra également contenir en plus du ou de ces phosphates de métal alcalin une certaine quantité d'acide phosphorique,

qui sera variable en fonction de l'application finale du produit obtenu. Le mélange du chrysotile avec la solution aqueuse réactive phosphatée se fait jusqu'à l'obtention d'une pâte épaisse, de la consistance appropriée. Pour ce faire, le rapport en poids de la quantité de chrysotile à traiter à

5 la quantité de phosphate de potassium et/ou sodium et éventuellement d'acide phosphorique, si utilisé, sera de 1/1,0-2,1 et avantageusement de 1/1,5. La quantité d'eau utilisée sera très variable mais d'une manière générale on utilisera 100 ml de liquide avec 50 g de chrysotile pour

10 obtenir une pâte de consistance adéquate, permettant un bon malaxage manuel. Une fois que la pâte ainsi obtenue est amenée à la consistance désirée, celle-ci est façonnée sous la forme d'un produit solide tel que, par exemple, sous la forme de boulettes, granules, pastilles ou autres produits façonnés analogues. C'est ainsi que dans le cadre de la

15 présente invention on entend par "produit solide" toute matière solide façonnée fragmentable ou réductible en poudre. On a constaté à cet égard que la suite du traitement se révélait particulièrement aisée lorsque le produit solide était sous la forme de boulettes ou granules. Ces boulettes ou granules peuvent être obtenus par exemple par des

20 opérations de granulation ou d'extrusion courantes. Le produit solide façonné est ensuite chauffé à une température de 600 à 1100°C, avantageusement de 800 à 1000°C, refroidi et broyé en une poudre qui s'est révélée être dépourvue de toute toxicité chimique structurale, comme on pourra le constater plus particulièrement dans les Exemples

de préparation de poudre donnés ci-après.

25

Exemples

On trouvera ci-après les quantités des différentes substances utilisées pour la réalisation des mélanges de départ. Les quantités d'eau sont indicatives; il faut environ 100 ml de liquide pour que l'on puisse former avec 50 g de chrysotile une pâte de consistance

30 appropriée, permettant un bon malaxage manuel. Le dihydrogéno-

phosphate de potassium n'étant que modérément soluble, les essais des exemples 4, 6 et 7 et 10 ont été réalisés par un mélange à des solutions portées à une température de 70 à 80°C. Les mélanges des autres Exemples y compris celui de l'Exemple 1 comparatif qui ne contient que de l'acide phosphorique ont été réalisés à la température ambiante.

Tableau I

Exemple n°	Mélanges de départ (quantités en grammes)				
	Chrysotile	H ₃ PO ₄ (à 42 % en poids)	Hydrogéo- phosphate de K ou Na	Eau	Temp. de l'eau
1 (comparatif)	50	84	-	10	ambiante
2	50	74	11 KH ₂ PO ₄	20	ambiante
3	50	64	21 KH ₂ PO ₄	30	ambiante
4	50	-	75 KH ₂ PO ₄	120	70-80°C
5	28	60	15 KH ₂ PO ₄	10	ambiante
6	50	-	67 KH ₂ PO ₄ 19 K ₂ HPO ₄	120	70-80°C
7	50	-	56 KH ₂ PO ₄ 48 KH ₂ PO ₄	110	70-80°C
8	50	72,6	8,8 NaH ₂ PO ₄	20	ambiante
9	50	61,1	17,6 NaH ₂ PO ₄	35	ambiante
10	50	-	50 KH ₂ PO ₄	100	70-80°C

Tous les essais ont été réalisés en suivant le même protocole. C'est ainsi que les différentes pâtes, façonnées en boulettes, ont été chauffées au four à la même température de 1000°C. A cet égard, on a constaté que les produits ainsi obtenus après le traitement thermique sont d'autant plus résistants mécaniquement que la teneur en potassium ou en sodium est élevée; toutefois, les produits des Exemples 6 et 7 sont hygroscopiques.

Tous les échantillons sont aisément réduits en poudres fines d'une taille de particule allant de 1 à 100 micromètres et aucune particule fibreuse n'est plus discernable dans les poudres de l'invention obtenues après un broyage au mortier d'agate "Pulvérisette" de

laboratoire. Comme le montre la photomicrographie de la figure 1 prise au microscope électronique à balayage tous les produits obtenus suivant l'invention paraissent bien cristallisés; les seules phases cristallines identifiées par diffraction de rayons X sont cependant $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ et $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, comme dans le cas de la phosphatation simple réalisée suivant l'exemple n° 1 comparatif, plus la cristobalite (variété polymorphique de SiO_2) en lieu et place de la silice amorphe. On a également constaté que les phosphates de magnésium sont en proportions d'autant moins importantes que les teneurs en éléments alcalins augmentent.

Valeur fertilisante - Essais comparatifs

Tous les produits obtenus, après broyage sous 100 micromètres, ont été soumis aux trois essais de lixiviation normalisés suivants, dont le but commun est de déterminer les quantités de P_2O_5 et de K_2O extractibles et assimilables par les plantes :

- a) Extraction par une solution à 2 % en poids d'acide citrique (5 g de produit dans 500 ml de solution contenant 4 ml d'éthanol, agitation de 30 minutes à la température ordinaire) : c'est l'essai normalisé NF U42-212 (1969) prévu pour les engrais en général et les scories Thomas en particulier.
- b) Extraction par une solution à 2 % en poids d'acide formique (5 g de produit dans 500 ml de solution, agitation durant 2 heures à température ordinaire) : c'est l'essai normalisé NF U42-202 plus particulièrement destiné aux phosphates minéraux naturels.
- c) Extraction par une solution préparée en ajoutant à 400 g d'acide citrique monohydraté de l'ammoniaque à 200 g/l de NH_3 , jusqu'à un volume de 1 litre (5 g de produit dans 500 ml de solution, agitation de 3 heures à température ordinaire, repos de 16 heures, nouvelle agitation de 3 heures) : c'est l'essai normalisé NF U42-243 destiné aux fertilisants en général.

Ces méthodes normalisées françaises ont été reprises par les Communautés Européennes (Journal Officiel des Communautés Européennes - 22/08/77- pp. L213/63-67).

- 5 Après extraction, les suspensions obtenues sont filtrées sur membrane cellulosique à 0,45 micromètre; les solutions claires sont analysées [P par spectrophotométrie (phosphovanadomolybdate), K, Na, Mg et Fe par spectrométrie d'absorption atomique]. Après séchage, les résidus sont pesés.

Tableau II

10

Composition des produits après calcination (% en poids)

Exemple n°	P ₂ O ₅	K ₂ O (Na ₂ O)	MgO	SiO ₂
1	37	-	30	31
2	37	5	28	29
3	37	9	26	26
4	37	24	19	20
5	47	10	21	21
6	36	28	17	18
7	35	33	15	16
8	37	(3)	29	30
9	38	(6)	27	28
10	30	20	24	24

- 15 Pour faciliter la comparaison des résultats, le Tableau II ci-dessus donne la composition calculée des produits calcinés, sur base de la composition des mélanges de départ du Tableau I, en admettant que seule l'eau disparaît par volatilisation (cette hypothèse est vérifiée par simple pesée des boulettes après sortie du four).

Le Tableau II ci-après rassemble tous les résultats des essais d'extraction normalisés : pourcentage en poids du résidu

d'extraction, pH de l'extrait, concentrations du phosphore, du potassium et du magnésium (exprimées en mg/l d'oxyde) et du fer (à titre indicatif) dans l'extrait et pourcentages d'extraction pour les trois premiers éléments.

- 5 Les essais d'extraction se faisant dans la proportion de 5 g de produit pour 500 ml de solution, il suffit, pour connaître les pourcentages en poids de P_2O_5 , K_2O , MgO assimilables, de diviser les teneurs, exprimées en mg/l, par 100.

- 10 Ainsi, le produit de l'Exemple 1 (comparatif : phosphatation simple) contient suivant l'extraction A (à l'acide citrique) :

$$1210/100 = 12,1 \% \text{ de } P_2O_5 \text{ assimilable}$$

$$980/100 = 9,8 \% \text{ de } MgO \text{ assimilable}$$

tandis que le produit de l'Exemple 4 (dihydrogénophosphate de potassium) contient, toujours suivant le même essai :

15 $3570/100 = 35,7 \% \text{ de } P_2O_5 \text{ assimilable}$

$$2290/100 = 22,9 \% \text{ de } K_2O \text{ assimilable}$$

$$1360/100 = 13,6 \% \text{ de } MgO \text{ assimilable.}$$

Tableau III

Résultats des essais normalisés d'extraction

5

A = Acide citrique à 2 % : essai NF 042-212

B = Acide formique à 2 % : essai NF 042-202

C = Réactif citrique ammoniacal : essai NF 042-243

Exemple n°	Type d'essai	Résidu % en poids	pH de l'extrait	P ₂ O ₅ mg/l	%	(Na ₂ O) K ₂ O mg/l	%	MgO mg/l	%	(Fe) mg/l
1	A	75	2,6	1210	33	-	-	980	33	35
2	A	71	2,6	1430	39	350	70	810	29	50
3	A	49	2,9	2670	72	840	93	1430	55	89
4	A	24	3,1	3570	96	2290	95	1360	72	67
5	A	53	2,6	2740	58	720	72	930	44	93
6	A	26	3,1	3380	94	2750	98	1130	66	67
7	A	25	3,2	3470	99	2880	87	910	61	54
8	A	66	2,7	1610	44	(230)	(77)	810	28	51
9	A	55	2,8	2310	61	(400)	(67)	1110	41	66
10	A	37	2,9	2830	94	2040	100	1180	50	36

10

Tableau III (suite)

Exemple n°	Type d'essai	Résidu % en poids	pH de l'extrait	P ₂ O ₅ mg/l	%	(Na ₂ O) K ₂ O mg/l	%	MgO mg/l	%	(Fe) mg/l
1	B	72	2,5	1300	35	-	-	1060	35	36
2	B	66	2,5	1580	43	350	70	750	27	56
3	B	47	2,7	2710	73	830	92	1430	55	47
4	B	25	2,8	2440	93	2190	91	1360	72	25
5	B	52	2,6	2660	57	700	70	930	44	90
6	B	28	2,9	3400	94	2350	84	990	58	27
7	B	24	2,9	3360	96	3050	92	950	63	26
8	B	67	2,5	1620	44	(220)	(73)	860	30	53
9	B	52	2,6	2290	60	(430)	(72)	1090	40	66
1	C	81	10,6	790	21	-	-	350	12	36
2	C	72	"	1510	41	370	75	410	15	63
3	C	67	"	1790	48	640	71	630	24	83
4	C	30	"	2900	78	1930	80	980	52	70
5	C	59	"	2460	52	660	66	630	30	95
6	C	28	"	2760	77	2710	97	1080	64	70
7	C	25	"	2690	77	3080	93	910	61	57
8	C	77	"	1260	34	(220)	(73)	550	19	45
9	C	71	"	1690	44	(380)	(63)	730	27	55

Il y a donc un intérêt manifeste à effectuer la destruction valorisante du chrysotile, non par l'acide phosphorique seul, mais par des mélanges de solutions d'acide phosphorique et de dihydrogénophosphate sodique ou potassique, par des solutions de ces mêmes dihydrogénophosphates, ou encore par des mélanges de solutions de mono- et dihydrogénophosphates de sodium ou de potassium. On obtient ainsi des produits dont la proportion de P_2O_5 assimilable est beaucoup plus élevée, l'accroissement pouvant atteindre environ un facteur de trois.

10 Dans le cas des produits potassiques, qui apparaissent comme les plus intéressants en tant que fertilisants et, par conséquent, comme engrais, l'optimum paraît réalisé par le traitement au dihydrogénophosphate seul; des traitements avec des solutions plus riches en K_2O , c'est-à-dire avec des mélanges de mono- et dihydrogénophosphates de potassium, conduisent à des produits hygroscopiques, guère plus réactifs comme fertilisants, et forcément plus coûteux.

Il est donc possible de transformer le chrysotile, par le procédé de l'invention, en des produits totalement dépourvus de structures fibreuses et de toxicité, mais de valeur fertilisante beaucoup plus grande que par le traitement à l'acide phosphorique seul, la proportion de P_2O_5 assimilable pouvant atteindre 35 %, pour 37 % de P_2O_5 contenu, et le potassium introduit, élément également fertilisant, étant assimilable pratiquement en totalité. Le même phénomène d'augmentation du pourcentage de P_2O_5 assimilable est observé si l'on remplace le potassium par le sodium mais les produits obtenus ont bien entendu moins d'intérêt comme fertilisants.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement de chrysotile pour l'obtention d'un produit réactionnel pulvérulent sans structure fibreuse, valorisable, caractérisé en ce qu'il comprend le mélange de chrysotile avec une
5 solution aqueuse réactive contenant au moins un phosphate de métal alcalin choisi dans le groupe comprenant les mono- et dihydrogéno-phosphates de potassium et sodium ou un mélange d'au moins deux de ces phosphates jusqu'à l'obtention d'une pâte, le façonnage de ladite
10 pâte en un produit solide, le chauffage de ce produit solide à une température de 600 à 1100°C, le refroidissement du produit solide et son broyage en une poudre dépourvue de toute toxicité chimique structurale.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la solution aqueuse réactive contient, comme phosphate, du dihydrogénophosphate de potassium ou un mélange de mono- et
15 dihydrogénophosphates de potassium.

3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la solution aqueuse réactive contient de plus de l'acide phosphorique.

4. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce
20 que le rapport en poids de la quantité de chrysotile à la quantité de phosphate et éventuellement d'acide phosphorique est de 1/1,0-2,1.

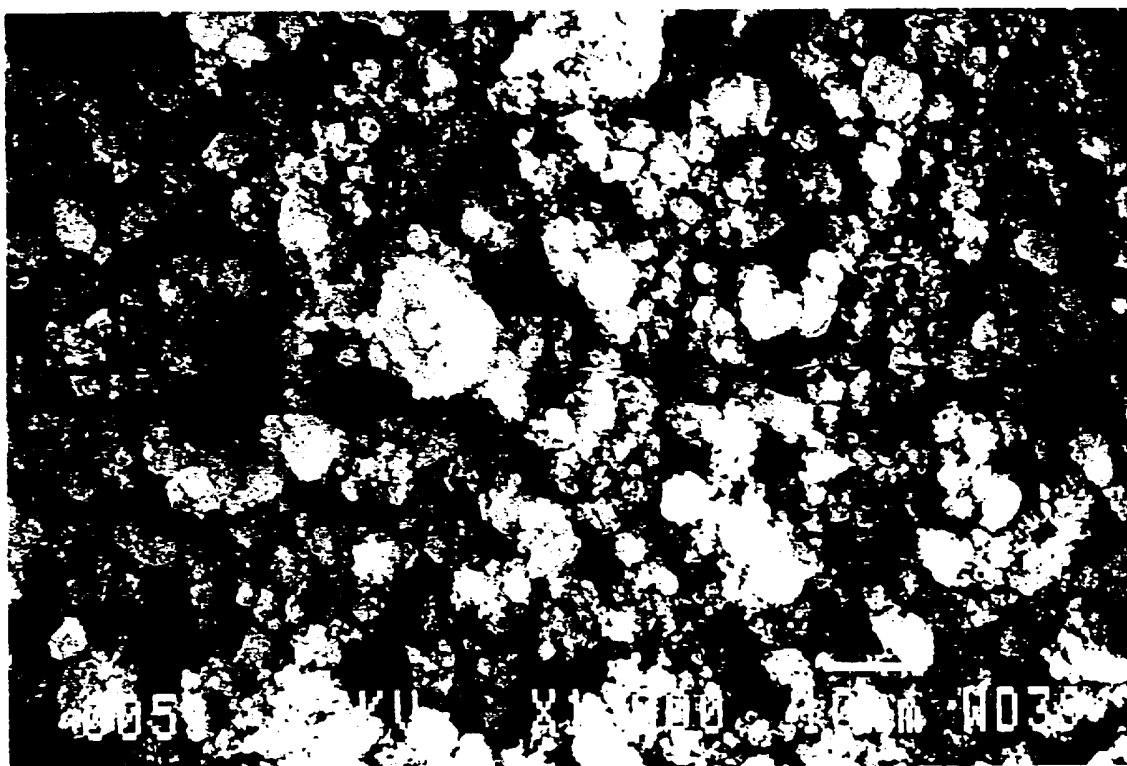
5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé en ce que ledit rapport en poids est de 1/1,5.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à
25 5, caractérisé en ce que le chauffage du produit solide se fait à une température de 800 à 1000°C.

7. Procédé suivant la revendication 6, caractérisé en ce que la température est de 1000°C.

8. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la poudre ainsi obtenue est constituée de particules d'une taille comprise entre 1 à 100 microns.

5 9. Utilisation du produit pulvérulent tel qu'obtenu par le procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, comme fertilisant et, plus particulièrement, comme engrais.

***Fig.1***